

ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE CENTRAIS TERMOELÉTRICAS SOLARES DE GRANDE PORTE NA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO.

V. W. B. Azevedo¹, C. Tiba², A. L. B. Candeias³.

Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – Departamento de Energia Nuclear (DEN)

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Av. Professor Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária – CEP: 50740-540 – Recife

Tel. 55 81 2126-7971 – Fax 55 81 2126-7971 e-mail: tiba@ufpe.br

RESUMO: No Brasil a geração de eletricidade por processos heliotérmicos, em projetos de grande porte ainda não é explorada. Entretanto, sabe-se que o País apresenta características favoráveis à instalação das centrais solares, como ótimas condições topográficas, possibilidades de conexão com a rede elétrica, disponibilidade de terras, entre outros, especialmente na zona semi-árida. Neste artigo, essas variáveis são modeladas utilizando-se um Sistema de Informação Geográfica para identificar os lugares aptos à instalação. As variáveis foram selecionadas por sua relevância e disponibilidade no processo de definição das áreas aptas. Os resultados são apresentados na escala de 10.000.000, como também em escalas maiores. Para o estado da Paraíba foi feita análises mais específicas e esse estado apresentou áreas com potencial de instalação, sobretudo no município de Souza.

Palavras chave: Energia solar, Central Termoeletrica, SIG, Estudos de Localização.

INTRODUÇÃO

A geração de eletricidade por processos heliotérmicos tem se difundido bastante nos últimos anos e apresenta como principal experiência as usinas SEGS (Solar Electric Generation Systems), localizadas na Califórnia. O sistema está formado por nove usinas de concentradores parabólicos de foco linear, totalizando 354 MW de potência instalada. (Fraidenraich e Lyra, 1995). De fato, essas usinas representam um importante empreendimento comercial de sistemas termo-solares para produção de energia elétrica. As SEGS são de natureza híbrida (25% de produção anual representada por gás natural) e tem demonstrado a viabilidade técnica dos concentradores de foco linear na geração de eletricidade e na natureza despachável da energia.

No Brasil, a produção heliotérmica de eletricidade, em projetos de grande porte, ainda não é explorada. Por outro lado, sabe-se que o país apresenta características favoráveis à instalação de centrais solares, como: ótimas condições topográficas, baixa velocidade de ventos, baixa densidade populacional, possibilidades de conexão com a rede elétrica (linhas de transmissão) e disponibilidade de terras (que não são utilizadas para a atividade da agricultura, por exemplo).

Todas essas características (também chamados de Planos de Informação – PI) devem ser modelados por meio do uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificar os locais aptos à instalação de centrais solares. O SIG é constituído por um conjunto de recursos especializados que permite manipular dados espaciais, proporcionando rapidez e eficiência na identificação de lugares apropriados à implantação de centrais solares ao mesmo tempo em que apresenta formulações e critérios para a tomada de decisão. Nesse trabalho o SIG foi usado visando identificar os locais aptos à instalação de centrais termoeletricas solares no Semi-Árido Nordeste (Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte). O cruzamento dos PI é feita na escala 1:10.000.000 para toda a região do Semi-Árido Nordeste, como também em escalas maiores para o estado da Paraíba.

CENTRAL TERMOELÉTRICA SOLAR SEGS

As usinas SEGS constituem o maior exemplo de concentração da energia solar a partir do uso de concentradores cilíndricos parabólicos. As nove usinas foram construídas no deserto de Mojave, na Califórnia (EUA), entre 1984 e 1991, e estão em operação atualmente, demonstrando a viabilidade técnica dos concentradores parabólicos de foco linear na geração de eletricidade e na natureza despachável da energia produzida. As principais características destas usinas estão apresentadas na tabela 1.

¹ Mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares PROTEN/DEN/UFPE

² Professor PROTEN/DEN/UFPE

³ Professora PPGCGTG/DECART/UFPE

SEGS	Ano	Potência (MW)	Campo Solar (m²)	Saída Anual (MWh)
I	1984	13,8	82.960	30.100
II	1986	30	190.338	80.500
III, IV	1987	30	230.300	92.780
V	1988	30	250.500	91.820
VI	1989	30	188.000	90.850
VII	1989	30	194.280	92.646
VIII	1990	80	464.340	252.750
IX	1991	80	483.960	252.125

Tabela 1: Principais características das usinas SEGS

O campo de coletores lineares das SEGS tem como componente básico o sistema de captação SCA (Solar Collector Assembly) que são espelhos de vidro curvados formando uma cavidade cilíndrica parabólica onde a irradiação solar direta normal é focalizada. Os SCA das SEGS são dispostos em colunas paralelas, sendo composto por um coletor parabólico independente alinhado sobre o eixo norte-sul, estrutura metálica de suporte, tubos receptores e sistema de rastreamento solar.

O sistema de rastreamento solar dispõe de um equipamento sensor preciso para alinhar o SCA com o Sol. Este rastreamento é controlado pelo FSC (Field Supervisory Controller) que monitora também a temperatura do tubo absorvedor HCE (Heat Collection Element). O HCE é constituído por um tubo de aço inoxidável, recoberto com uma superfície seletiva e envolvida por um tubo de vidro, o que proporciona a redução de perdas térmicas. (Rolim, 2007).

A usinas SEGS foram projetadas para operar a carga máxima usando apenas energia solar como fonte primária na produção de energia elétrica. Todavia, nos períodos onde a intensidade de irradiação solar é insuficiente, a usina necessita de suprimento, que é feito a partir da hibridização com gás natural. Segundo Price (1999) em uma base anual tem-se que 75% ou mais da energia da usina provem do recurso solar, ficando o gás natural provendo os 25% restantes. Uma opção alternativa é o armazenamento térmico onde a energia solar pode ser coletada e armazenada durante o dia para ser usada no final da tarde. Um sistema de armazenamento foi instalado na planta SEGS I para suprir 3 horas de plena capacidade, mas não foram incorporados nas SEGS posteriores por razões de custos.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Para Câmara e Queiroz (2008) um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional dos dados espaciais e recuperam informações a partir de sua posição espacial. Os dados espaciais são compostos pelos dados gráficos e dados descritivos. Os dados gráficos são responsáveis pelo registro gráfico, que possui uma localização definida (sistema de referência, sistema de coordenadas, sistema de projeção cartográfica e escala) no mundo real; Já os dados descritivos são estruturados por listas sequenciais (registros) ou arquivos indexados e compreendem os atributos que descrevem as entidades desses objetos.

Para (Câmara et al., 1996) todo SIG deve atender as seguintes funcionalidades (figura 1): (1) Entrada de dados gráficos e descritivos; (2) Armazenagem e gerenciamento dos dados; (3) Interação com o usuário; (4) Elaboração de análises dos dados; (5) Saída e apresentação de informações.



Figura 1: Estrutura básica dos Sistemas de Informação Geográfica. Fonte: Adaptado de (Câmara et al., 1996).

A entrada de dados gráficos e descritivos é um aspecto importante, visto que, quando realizada sem o conhecimento dos fundamentos cartográficos pode criar inconsistências cartográficas, decorrentes da sobreposição de Planos de Informação (PI) em escalas incompatíveis, do uso de documentos oriundos de distintos Sistemas Geodésicos de Referência, entre outros; O armazenamento e o gerenciamento dos dados são tratados pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) que deve facilitar a entrada, a saída e a recuperação dos dados espaciais, controlando e restringindo o acesso.

A interação com o usuário permite o contato com as funcionalidades do SIG; A análise dos dados é feita tanto na base gráfica, quanto na descritiva, permitindo a geração de relatórios, gráficos, mapas entre outros; A saída de informações pode ser realizada de forma temporária ou definitiva. A primeira se dá quando a informação é apresentada no monitor ou armazenada em mídia magnética. Quando impressa (mídia analógica) tem-se a saída definitiva.

Os dados espaciais em SIG podem ser armazenados e representados pelos formatos de arquivo vetorial e matricial (raster). A estrutura vetorial prevê a ocorrência de três entidades espaciais distintas: ponto, linha e polígono. Já a estrutura matricial (raster) é uma estrutura numérica representada por imagens. A matriz é composta por um conjunto de pixels (células) disposto em linhas (x) e colunas (y). Suas posições (x, y) definem as coordenadas da imagem e apresentam um nível de cinza associado. A figura 2 ilustra as estruturas dos dados gráficos em SIG.

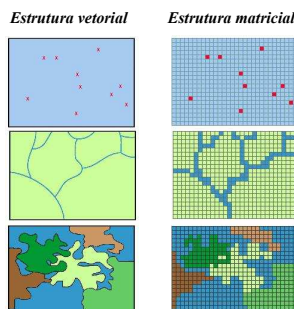


Figura 2: Estrutura vetorial e matricial. Fonte: Coelho (2006)

Uma das principais potencialidades do SIG são as funções que realizam as análises espaciais dos fenômenos geográficos, como a Álgebra de campos e objetos. A Álgebra de campos, também chamada de Álgebra de Mapas, foi proposta por Tomlin em 1990. Trata-se de um conjunto de procedimentos de análise espacial em SIG que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas aos mapas. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as operações definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa.

Um exemplo de operações de álgebra de campos é a operação booleana (natureza binária). Esta operação explora relações de comparação e operações lógicas aplicadas aos dados associados a cada local de uma área de estudo (atribuição condicional). Considere, por exemplo, a análise de dois planos de informação (PI), irradiação solar direta normal e uso e ocupação do solo, de uma região em estudo para implantar uma central solar. O local adequado para se instalar a central solar deve dispor de uma região com disponibilidade de irradiação solar e que o uso do solo seja disponível (não sendo área de aptidão agrícola, nem unidade de conservação, nem território indígena e ou quilombola, nem área urbana e de expansão urbana).

Então, suponha-se que sejam definidos quatro conceitos para classificar a irradiação solar: Ótima (O); Boa (B); Regular (RE); e Ruim (RU) (esta classificação pode ser feita considerando-se o valor diário médio anual da irradiação solar na região). Para definir conceitos para o uso e ocupação do solo, como se trata de uma lógica binária (ou pode se instalar a central solar, ou não se pode instalar) podem ser feitas duas classificações: Ótimo (O - pode instalar) e Péssimo (P - não se pode instalar a central solar). Assim, poderá ser formado o seguinte critério para o relacionamento destes planos de informação: apenas quando for ótimo (em irradiação solar) e ótimo (em uso e ocupação do solo) coloque ótimo. Caso contrário, coloque péssimo. Então, o relacionamento entre estes PI, nesta análise, indicará como resultado as regiões adequadas à instalação da central solar, segundo o critério anteriormente mencionado, como mostra a figura 3.

Irradiação Solar					Uso e Ocupação do Solo					Resultado			
O	O	O	O		O	O	O	O	=	O	O	O	O
O	O	RE	RE		O	O	O	O		O	O	P	P
RU	RU	P	P	+	P	P	P	P		P	P	P	P
RU	P	P	P		P	P	P	P		P	P	P	P

Figura 3: Representação da operação booleana em SIG.

A Álgebra de Objetos envolvem as restrições espaciais baseadas nos relacionamentos espaciais. Esses relacionamentos podem ser topológicos, quando usam das formas dentro de, adjacente a, para tratar as relações entre os dados; e métricos, quando são derivados de operações de direção e distância. Os principais operadores da álgebra de objetos são restrições sobre atributos, as restrições espaciais e as propriedades de objetos. Estes operadores utilizam as relações topológicas e métricas para definir os relacionamentos entre os dados.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados foram: (1) Revisão de Literatura, com embasamento teórico sobre Central Termoeletrônica Solar SEGS e Sistemas de Informação Geográfica; (2) Aquisição de dados, definição da Base de Dados Espaciais (BDE) e aplicação do SIG para estudo de localização; (3) Resultados; (4) Conclusões.

Os recursos utilizados foram: (1) Um computador Pentium 4 – 2.80 GHz, 1.0 GB RAM; (2) Software ArcGIS versão 9x (ESRI); (3) Arquivos vetoriais do tipo shapefile (shp) referentes aos planos de informação; (4) Imagens do sensor ativo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Área de Estudo: O Semi-Árido Nordeste

O Semi-Árido Nordeste compreende os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, ocupando 86,48% da área de todo o Semi-Árido Brasileiro. De acordo com Cavalcanti e Petti (2008) o valor diário médio anual da irradiação solar direta normal na região é da ordem de 6,0 kWh/m². Os ventos possuem uma velocidade média de aproximadamente 8 m/s (24 km/h). A Figura 4 ilustra o Semi-Árido Nordeste.

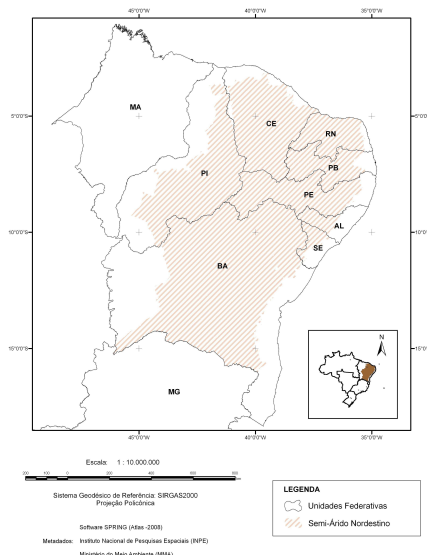


Figura 4: Mapa do Semi-Árido Nordeste.

Definição da Base de Dados Espaciais (BDE)

O estudo de localização de centrais solares considerou uma central solar tipo SEGS (80 a 100 MW), interligada a rede de energia elétrica, para a região do Semi-Árido Nordeste (estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte). Esse estudo necessitou do conhecimento dos seguintes PI: Uso e ocupação do solo; Recurso solar; Suprimento de água; Disponibilidade de área e topografia do terreno; Possibilidades de conexão com a rede elétrica (linhas de transmissão); Disponibilidade de combustível para backup e Acesso.

Todos os PI foram selecionados pela relevância no processo de definição de áreas aptas à implantação e georreferenciados ao Sistema Geodésico de Referência (SGR) SIRGAS2000, que constitui o Sistema Oficial para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Com todos os PI georreferenciados ao SIRGAS2000, fez-se a determinação da projeção cartográfica a ser usada como também a escala de trabalho para a apresentação dos PI.

Uso e Ocupação do Solo

Na implantação de uma central solar devem ser consideradas as permissões e as restrições quanto à utilização do solo. Com relação às restrições, verifica-se que áreas protegidas por legislação (unidades de conservação ambiental – proteção integral e uso sustentável, os territórios indígenas, os territórios quilombolas e as reservas de Mata Atlântica, por exemplo) não são consideradas áreas aptas para a implantação de centrais solares, assim como as áreas urbanas e de expansão urbana e as áreas de aptidão agrícola. Broesamle et al. (2001) afirma que as regiões típicas para a instalação de centrais solares são as regiões secas e áridas como as regiões desérticas.

As permissões referem-se às relações contratuais estabelecidas entre os proprietários da terra e os desenvolvedores de projeto. Para isto é necessário relacionar, primeiramente, os tipos de contrato que se estabelecem entre as partes envolvidas. Em virtude da escala de trabalho (1:10.000.000) neste artigo foram abordadas apenas as restrições quanto ao uso e ocupação do solo. Mas, ressalta-se que em escalas maiores (por exemplo, 1:10.000) as questões referentes à permissão devem ser abordadas.

As áreas urbanas e de expansão urbana também não foram consideradas na escala 1:10.000.000, uma vez que nesta escala a representação destas áreas não é tematicamente visível. Entretanto, em estudos específicos, por exemplo, em um município, estas regiões devem ser analisadas.

Recurso solar

Uma central termoeletrônica solar requer alta incidência de irradiação solar direta normal para proporcionar uma ótima operação do sistema, uma vez que a potência gerada pela usina depende também da quantidade de irradiação solar que é concentrada. Outro fator importante é a dimensão requerida do campo solar que, para uma dada capacidade de potência da usina, é, em geral, proporcional ao nível de irradiação solar.

Um concentrador cilíndrico parabólico concentra praticamente a parcela direta da irradiação solar que incide em sua superfície e uma fração muito pequena (desprezível) da difusa. Por isso, para o estudo da localização das áreas aptas a instalação de centrais solares tipo SEGS faz-se imprescindível o conhecimento da irradiação solar direta normal.

Os dados de irradiação solar direta normal são, geralmente, obtidos de medições feitas com equipamentos específicos (pireliômetros) ou em modelos matemáticos que tratam a irradiação global (parcelas direta e difusa). Dados de satélites meteorológicos também têm sido usados para prover esta informação. Para analisar a disponibilidade do recurso solar no Semi-Árido Nordeste, os dados de irradiação solar direta normal, com resolução de 40 km, foram obtidos no Solar and Wind Energy Resource Assessment. Os valores usados correspondem aos valores diários médios anuais, os quais foram enquadrados em três grupos: irradiação de 4,0 a 5,0 kWh/m², irradiação de 5,0 a 6,0 kWh/m² e irradiação de 6,0 a 7,0 kWh/m².

Suprimento de água

Uma central tipo SEGS (80 MW) operando com um fator de capacidade anual de 0,27, por exemplo, usa cerca de 725.000 m³ de água (Kelly, 2006). Esta quantidade de água é necessária para as torres de refrigeração (cerca de 90%), geração de vapor no ciclo de potência (8%) e para a limpeza dos espelhos (2%). O fluxo típico para a torre de refrigeração é de 320m³/h. Além disso, a água deve também apresentar qualidade adequada para evitar incrustações e oxidações dos equipamentos.

O principal rio que corta o Semi-Árido é o Rio São Francisco, que recebe água de 168 afluentes e banha os Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas. Sua bacia hidrográfica envolve parte do Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Disponibilidade de área e topografia do terreno

A disponibilidade de área para a central solar é necessária para acomodar o campo de concentradores cilíndricos parabólicos. Uma usina SEGS de 80 MW, por exemplo, requer cerca de 2 km² de área, da qual cerca de 500.000 m² é para o arranjo de coletores. O fator de escala derivado das experiências das SEGS mostra que é vantajoso instalar várias usinas adjacentes. Assim, a disponibilidade mínima de área poderia ser 8 km², por exemplo, ou seja, um complexo de geração de 320 MW. A disponibilidade da área será dada em função dos cruzamentos dos PI, a partir dos arquivos vetoriais do tipo polígono.

A topografia do terreno onde será implantada a central determina a aceitabilidade do local segundo seu impacto no custo relativo à preparação do terreno. Este local deve ser o mais plano possível, exceto por uma declividade para permitir uma drenagem natural do terreno. Os dados usados para determinar a declividade foram as imagens do sensor SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90 m, formato geotiff (16bits) e georreferenciadas ao Sistema Geodésico de Referência (SGR) WGS84, que é compatível com o SGR SIRGAS2000 para a escala de trabalho usada.

Conexão com a rede elétrica

Uma usina de 80 MW de potência deve dispor de linhas de transmissão de 230 kV para o transporte da energia. Além de capacidade de carga, deve-se considerar também a distância entre a central e as subestações. Como os custos de construção de novas linhas de transmissão são muito altos e dependem do nível de voltagem da linha e de seu comprimento, a central solar deve estar posicionada o mais próximo possível de linhas com capacidade de carga.

Na região do Semi-Árido Nordeste, as linhas de transmissão são de 230 kV e 500 kV de potência. As linhas de 230 kV de potência recobrem todos os estados do Semi-Árido Nordeste, ao passo que as linhas de 500 kV recobrem os estados de Ceará, Piauí, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Sergipe.

Disponibilidade de combustível para backup e Acesso

Combustíveis para backup são necessários para a operação híbrida da central. Nas SEGS é usado o gás natural. Na região do semi-árido nordestino deve-se considerar, além do gás natural, o biodiesel e o óleo diesel. Além da disponibilidade de combustíveis para backup, deve-se considerar a proximidade da central com as fontes destes combustíveis geração híbrida uma vez que distâncias muito grandes podem tornar a operação híbrida economicamente inviável.

O acesso ao local é relevante pela necessidade de transportar equipamentos de grande porte e frágeis (espelhos de vidro). Os critérios para classificar o acesso são as larguras das rodovias, qualidade da superfície da estrada e possibilidades de manobras de veículos de grande porte. Assim, para definir o mapa do sistema viário do Semi-Árido Nordeste foram usadas as principais rodovias federais e estaduais da região.

Aplicação do SIG para Estudo de Localização de Centrais Solares

Uma vez definida a Base de Dados Espaciais (BDE), os planos de informação foram gerenciados no SIG para fornecer suporte à decisão de localização da central solar. Este gerenciamento foi feito em duas etapas:

1ª Etapa: Os cruzamentos de PI na escala de 1:10.000.000 foram feitos visando fornecer uma pré-localização das áreas potenciais à instalação de centrais solares;

2ª Etapa: Com uma pré-definição das áreas, feitas na 1ª Etapa, foram realizadas análises mais específicas (em escalas maiores que 1:10.000.000) para o estado da Paraíba.

RESULTADOS

Um dos cruzamentos primordiais nesse estudo é o da análise de área disponível para a instalação da central solar. Considerou-se que áreas ocupadas por qualquer PI que integra o grupo de uso e ocupação do solo são inaptas a instalação das centrais solares. Desse modo, Os PI do uso e ocupação do solo foi cruzado com o PI do Semi-Árido Nordeste, por meio do uso de operações booleanas da Álgebra de Campos, para identificar os locais potenciais de instalação de centrais solares.

No cruzamento o seguinte critério foi usado: Caso a região do Semi-Árido Nordeste seja também uma das áreas do grupo de uso e ocupação do solo, classifique 0 (zero). Caso contrário, classifique 1 (um). O resultado deste cruzamento mostrou quais áreas podem ser usadas para a implantação da central, segundo a análise inicial desses dois PI, como mostra a figura 5.

No mapa da figura 5 as áreas consideradas inaptas para a instalação das centrais solares (áreas ocupadas pelo grupo de uso e ocupação do solo) não estão incluídas no PI Área potencial – uso e ocupação do solo. Este PI foi definido para indicar apenas as áreas com potencial de instalação. Do mapa, observa-se que há disponibilidade de área em todos os estados que compõem o Semi-Árido Nordeste. O valor numérico desta área é de 694.910,33 km². Dentre eles, destaca-se o estado da Paraíba, com praticamente toda a região do Semi-Árido com disponibilidade de área com potencial de instalação. Com base no resultado deste mapa os demais cruzamentos de PI, na escala de 1:10.000.000, foram realizados.

Uma análise interessante é a relação entre a disponibilidade de área em determinada região e o nível de irradiação solar direta normal incidente nesta. Dessa maneira, utilizando o PI área potencial – uso e ocupação do solo, foi feito o cruzamento das informações com o PI de irradiação solar direta normal (valor médio anual) compreendida entre 6,0 a 7,0 kWh/m², como mostra a figura 6.

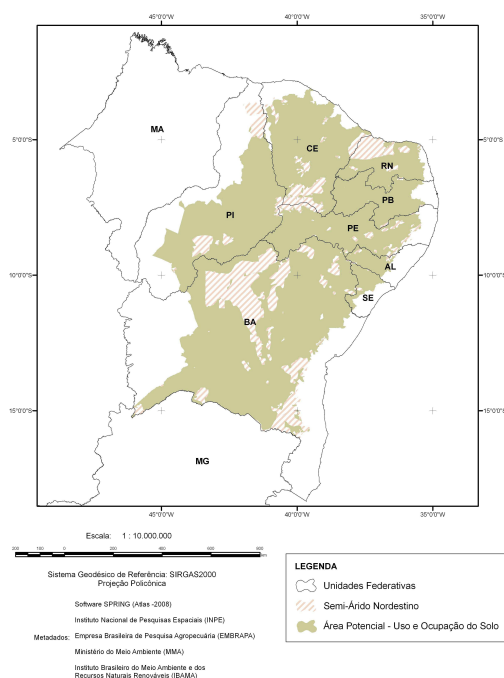


Figura 5: Mapa das áreas com potencial de instalação de centrais solares segundo o uso e ocupação do solo.

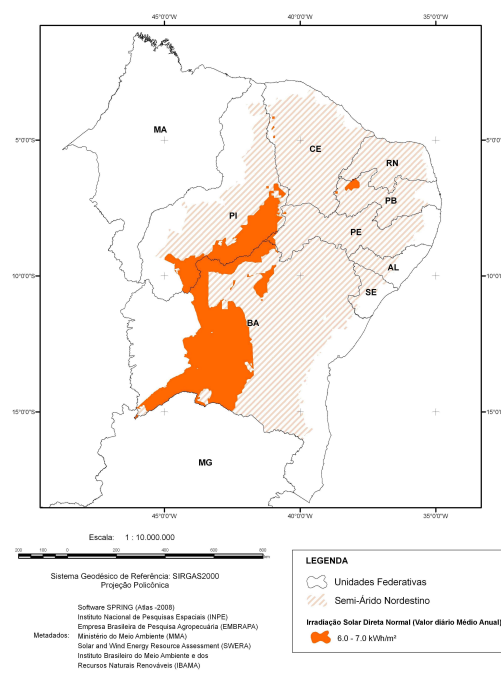


Figura 6: Mapa das áreas potencialmente disponíveis segundo o uso e ocupação do solo com irradiação solar direta normal (valor médio anual) entre 6,0 e 7,0 kWh/m².

A partir do cruzamento dos PI das áreas potenciais – uso e ocupação do solo com o PI de irradiação solar direta normal pôde ser feita uma pré-localização das áreas aptas à instalação no Semi-Árido Nordeste. O critério usado para instalar a central solar, considerando-se a análise dos PI acima mencionados, foi a de que as áreas aptas à implantação devem ter uma irradiação solar entre 6,0 a 7,0 kWh/m² e não ocupar qualquer uma das áreas do grupo de uso e ocupação do solo. Este critério foi usado para definir uma abordagem ao estudo.

Do mapa da figura 6, verifica-se que as áreas com o “perfil” do critério definido, encontram-se na Paraíba, no Piauí, na Bahia e em Pernambuco. Mas, para estudos mais específicos, foi analisado apenas o estado da Paraíba. Para estes estudos, foi definido ainda outro critério: o local adequado para a instalação da central solar deve apresentar baixa declividade e estar localizado o mais próximo possível dos recursos hídricos, das vias de acesso e das linhas de transmissão. Os PI usados para os cruzamentos em escalas maiores (estados da Paraíba e do Piauí) foram os mesmos usados na escala 1:10.000.000 uma vez que com esses dados pode-se trabalhar até na escala de 1:1.000.000, segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) Classe A.

Cruzamentos de Dados Espaciais para o Estado da Paraíba

Segundo dados do IBGE (2010) a Paraíba (PB) ocupa uma área de 56.439 km², sendo cortado pelos fusos UTM 24 e 25, têm 223 municípios e uma população de 3.769.877 habitantes (1,9% da população nacional). A densidade demográfica é de 64,52 hab/km². Sua declividade está mostrada na figura 7.

Para o cruzamento das informações, os demais PI (irradiação solar, recursos hídricos, vias de acesso e linhas de transmissão) foram “cortados” para a região da Paraíba. O primeiro dado a ser cortado foi a irradiação solar direta normal compreendida entre 6,0 e 7,0 kWh/m² (valor diário médio anual). Do “corte” foi identificado que a região apresenta o intervalo de irradiação acima descrito na região dos municípios de Souza, Pombal, São Francisco, Aparecida, Lagoa, Santa Cruz, São Domingos de Pombal e Bom Sucesso. Analogamente fez-se o “corte” para os dados de recursos hídricos para o estado. Foi identificado que os recursos hídricos que cortam a região estavam localizados em distâncias máximas de 5 km em relação a região de irradiação solar entre 6,0 a 7,0 kWh/m².

As principais rodovias que cortam a região estão localizadas também a uma distância máxima de 5 km em relação a região de irradiação solar entre 6,0 a 7,0 kWh/m². Entretanto, as linhas de transmissão (com capacidade de 230kV) apresentaram-se distantes cerca de 30 km dessa região.

Com o cruzamento dos PI irradiação solar direta normal, recursos hídricos, vias de acesso e linhas de transmissão pôde ser feito o mapa da figura 8. Do mapa observa-se que a região de irradiação solar entre 6,0 a 7,0 kWh/m², é cortada por várias vias de acesso principais (rodovias federais e estaduais) e apresenta proximidade com os recursos hídricos da região.

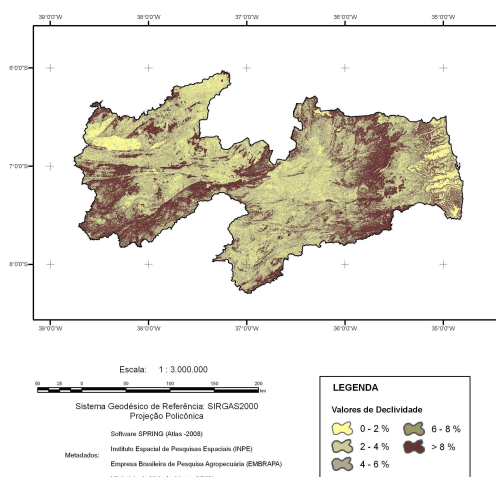


Figura 7: Mapa da declividade do estado da Paraíba.

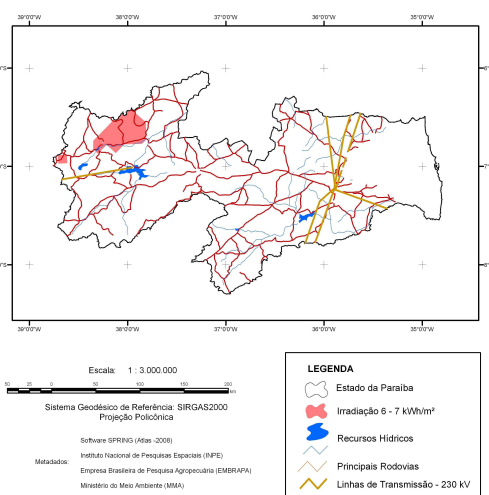


Figura 8: Cruzamento dos PIs de irradiação solar direta normal, compreendido entre 6,0 e 7,0 kWh/m² (valor diário médio anual), vias de acesso, recursos hídricos e linhas de transmissão para o estado da Paraíba.

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se que a região coberta pelos municípios de Sousa, Pombal, São Francisco, Aparecida, Lagoa, Santa Cruz, São Domingos de Pombal e Bom Sucesso reúnem condições adequadas para a instalação de centrais solares de grande porte, segundo os critérios escolhidos. Dentre os municípios paraibanos, Sousa se destaca por apresentar cerca de 60% do seu território (842 km² no total) no interior da mancha de irradiação solar definida no intervalo de 6,0 a 7,0 kWh/m². Também, encontra-se próximo aos demais PI considerados no estudo (recursos hídricos, vias de acesso e linhas de transmissão). A distância máxima é para o PI de linhas de transmissão, com distância máxima de 30km, definida pelos buffers. A Tabela 2 reúne algumas informações acerca destes municípios.

Município	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Área (km ²)	Nº de Habitantes	Principais Atividades
Aparecida	31,7	0,628	229	7607	Agricultura e Pecuária
Bom	24,7	0,635	184	5296	Agricultura e Pecuária
Lagoa	27,4	0,575	178	4949	Agricultura e Pecuária
Pombal	37,4	0,661	889	32.443	Agricultura e Pecuária
São	12,6	0,561	169	2822	Agricultura e Pecuária
São	37,9	0,632	95	3544	Agricultura e Pecuária
Santa Cruz	27,5	0,642	210	6677	Agricultura e Pecuária
Sousa	75,56	0,658	842	65.930	Indústria e Comércio

Tabela 2: Informações acerca dos municípios da Paraíba com potencial de instalação de centrais solares.

CONCLUSÕES

A análise de áreas com potencial de instalação de centrais solares em SIG é um dos passos importantes para a escolha do local onde será construída uma central solar. O estudo requer, em um primeiro momento, a disponibilidade dos dados espaciais bem como sua padronização, segundo, o entendimento e a aplicação das operações de Álgebra de campos e objetos.

Uma abordagem interessante é a pré-definição das áreas aptas a instalação, a partir do cruzamento de informações em grandes regiões (escalas pequenas), como foi o exemplo do Semi-Árido Nordestino. Isto proporciona visualizar a distribuição espacial dos PI na região de estudo, para posteriormente, promover visualizações em escalas maiores, ao nível de municipalidade, por exemplo. Ademais, a visualização em escalas maiores permite gerar os buffers de distância para os PI.

Os critérios utilizados para se instalar a central solar (considerar áreas com irradiação solar entre 6,0 a 7,0 kWh/m², não ocupar qualquer uma das áreas do grupo de uso e ocupação do solo, apresentar baixa declividade e estar o mais próximo possível dos recursos hídricos, vias de acesso e linhas de transmissão) foram criados para definir uma abordagem ao estudo, baseando-se na literatura. Porém, outros critérios podem ser desenvolvidos.

Os estados da Paraíba apresentou áreas com potencial de instalação de centrais solares. O município de Sousa se mostra interessante para a implantação de centrais solares, segundo os critérios escolhidos para a localização das centrais solares.

Uma proposta interessante é a de conceder pesos compensatórios aos PI de modo que uma determinada variável possa ser condicionada no SIG com uma informação de importância em relação as demais variáveis. Outra proposta interessante é a verificação em campo das áreas identificadas no SIG como potenciais a instalação de centrais solares. Isto é muito importante para a execução dos projetos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e ao Programa Pró-Engenharias da CAPES.

REFERÊNCIAS

- Broesamle, H.; Mannstein, H.; Schillings, C.; Trieb, F. (2001). Assessment of Solar Electricity Potentials in North Africa based on Satellite Data and a Geographic Information System. *Solar Energy*, v. 70, p. 1-12.
- Câmara, G.; Casanova, MA.; Hermely, AS.; Magalhães, GC.; Medeiros, MB. (1996). *Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas*. Cartgraf LTDA.
- Câmara, G.; Queiroz, G. R. (2008). *Introdução a Ciência da Geoinformação – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>.
- Cavalcanti, E. S. C.; Petti, A. C. G. (2008). Assessment of SEGS-Like Power Plants for the Brazilian Northeast Region. In: *Journal Of Solar Energy Enginnering*. v.130.
- Fraidenraich, N. e Lyra, F. (1995). *Energia Solar – Fundamentos e Tecnologias de Conversão Heliotermodinâmica e Fotovoltaica*. Editora Universitária – UFPE. Recife.
- Kelly, B. Nexant Parabolic Trough Solar Power Plant Systems Analysis, Task 2: Comparison of Wet and Dry Rankine Cycle Heat Rejection. (2006). In: *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*.
- Price, H. W. (1999) Parabolic Trough Solar Power for Competitive U.S. Markets. In: *Asme Renewable And Advanced Energy Systems For The 21st Conference* Maui, Hawaii.
- Rolim, M. M. (2007). *Modelagem Analítica de Geração Solar Térmica de Eletricidade com Concentradores Parabólicos de Foco Linear*. Recife: UFPE, 2007. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

ABSTRACT: In Brazil, the electricity generation process by heliothermic in large projects is not yet carried out. However, it is known that the country has favorable characteristics of the installation of solar plants such as optimal topographical conditions, possibilities of connection to the grid electric, availability of land, among others, especially in semi-arid zone. In this article, these variables are modeled using a Geographic Information System to identify places suitable for installation. Variables were selected for their relevance and availability processo definition of suitable areas. The results are presented in the scale 1:10.000.000, but also on larger scales. For the state of Paraíba analysis were made more specific and this state had areas with potential for installation, especially in the city Souza.

Keywords: Solar Energy, Thermoelectric Power Plant, GIS, Location Studies.